

Estudo das propriedades mecânicas de filmes de proteína de soro de leite modificados com óleo de coco

Study of mechanical properties of whey protein films modified with coconut oil

Gabriel Augusto Ampessan

Universidade Norte do Paraná - UNOPAR, Arapongas, PR
gabrielcanudo@hotmail.com

Danilo Antonio Giarola

Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, PR
dgiarola@hotmail.com

Resumo: A utilização de embalagens sintéticas provoca problemas ambientais consideráveis, para tanto, acredita-se que os biopolímeros constituem uma forma alternativa para o desenvolvimento de embalagens por serem biodegradáveis, não causando impactos ao meio ambiente. Este trabalho teve por objetivo produzir filmes proteicos de soro de leite modificados com óleo de coco através do método de *Casting*, e ainda avaliar as propriedades mecânica e óptica, para aplicação como embalagens alimentícias. Os biofilmes mostraram-se homogêneos e quando se aumentou a concentração de óleo de coco, os biofilmes obtiveram coloração levemente amarelada e um aumento gradual da opacidade, além de aumento da espessura que afetou o módulo de Young, proporcionando filmes mais rígidos por não terem incorporado todos os lipídeos do óleo na matriz. Dentre os valores de elongação obtidos o filme com 2% de óleo de coco foi o único que não apresentou características de um filme fraco, sendo considerado um filme com elongação moderada. Sendo assim, como o desenvolvimento de novos alimentos enriquecidos com as proteínas do soro, são opções que possuem grande potencial de aplicação.

Palavras-Chave: beta-lactoglobulina, filme biodegradável, óleo de coco, propriedades mecânicas, proteína de soro de leite.

Abstract: The use of synthetic packaging causes considerable environmental problems, therefore, it is believed that the biopolymers are an alternative to the development of packaging, for being biodegradable, causing no impact on the environment. The objective of this work was to produce protein films of whey modified with coconut oil through the Casting method, and also assess the mechanical and optical properties, for its application as food packaging. The biofilms were homogeneous and when increasing the coconut oil concentration were obtained biofilms with slightly yellowish color and a gradual increase in opacity besides an increase in the thickness affecting the Young's modulus, providing more rigid films for not having incorporated all the lipids of the coconut oil in the matrix. Among the elongation values obtained the film with 2% oil was not the only one who did not show characteristics of a weak film, being considered a film with moderate elongation. Thus, the developed biofilms didn't have sufficient mechanical properties for use as packaging, but despite the evidence, further studies, as well as the development of new foods enriched with whey proteins, are options that have great potential for application.

Keywords: beta-lactoglobulin, biodegradable film, coconut oil, mechanical properties, whey protein.

1 Introdução

De acordo com Wan *et al.* [1], polímeros sintéticos são macromoléculas, produzidas pela união de muitas moléculas semelhantes, que podem apresentar diferentes tipos de organização e, desta forma, apresentam propriedades especiais, que permitem o uso dos polímeros em objetos de uso pessoal, embalagens, vestimentas, entre outros. Geralmente estes compostos possuem boas propriedades físicas, entretanto a utilização destes e de produtos plásticos produz um número de resíduo muito grande no decorrer dos anos, gerando inúmeros problemas ambientais pelo seu acúmulo.

Os biopolímeros vêm aparecendo como alternativa para reduzir os danos ambientais causados pelos polímeros sintéticos, entretanto, a utilização de materiais biodegradáveis não tem recebido incentivos suficientes e os biopolímeros não têm conseguido alcançar maturidade comercial, por possuírem um elevado custo e não apresentam melhores propriedades que os sintéticos (Kumar *et al.* [2]).

Os biofilmes, termo dado aos filmes ou coberturas que são formados a partir de macromoléculas biodegradáveis [3], podem ser produzidos através de vários produtos, como polissacarídeos, proteínas, lipídeos e resinas, adicionando-se plastificantes e surfatantes [4].

A utilização de filmes proteicos pode servir como um complemento às embalagens sintéticas, assegurando maior qualidade ao produto, pois auxiliam no prolongamento da vida-de-prateleira, além de serem biodegradáveis [5]. Filmes e coberturas proteicas apresentam uma barreira moderada à umidade, conservando a integridade e as características estruturais, nutricionais e sanitárias dos alimentos durante a estocagem, transporte e comercialização [6].

Entre as matérias-primas que vêm se destacando no cenário dos recursos renováveis, encontra-se a proteína do soro de leite. O soro de leite é um subproduto da indústria do queijo e da caseína e é necessário ressaltar que mais da metade do total de leite utilizado para fabricação de queijo é na verdade soro, sendo sua utilização muito recomendada [7], isto considerando o alto custo do descarte e também pelo valor nutricional do soro, pois é uma excelente fonte de aminoácidos.

Segundo Smithers [8], o soro contém quase a metade dos nutrientes originais do leite sendo rico em componentes tais como: proteínas do soro, vitaminas, hidrossolúveis, sais minerais e lactose. O soro de leite contém, em média, 93% de água, 5% de lactose, 0,9 a 0,7% de proteínas, 0,3 a 0,5% de gordura, 0,2% ácido láctico e pequenas quantidades de vitamina. A fração proteica, também conhecida por *whey protein* [9, 10, 11], contém, aproximadamente, 50% de β -lactoglobulina, 25% de α -lactoalbumina e 25% de outras frações proteicas, incluindo imunoglobulinas [12].

Atualmente, com o auxílio das novas tecnologias desenvolvidas e devido a suas características nutricionais e tecnológicas, o soro de leite pode ter aplicações diversas, que vão desde o seu uso como ingrediente alimentício à produção de medicamentos e também coberturas comestíveis, conhecidas como biofilmes [13].

A utilização de filmes e coberturas em frutas e vegetais frescos diminui o amadurecimento, a mudança de cor, a perda de aroma, umidade e textura, pois origina uma barreira aos gases,

vapor d'água, diminuindo assim as taxas de metabolismo e oxidação [5]. Filmes obtidos a partir de proteínas de soro de leite caracterizam-se pela transparência, flexibilidade, ausência de odor e sabor, favorecendo sua aceitabilidade para consumo [14, 5].

Os biofilmes necessitam de ao menos um biopolímero que possua a capacidade de formar uma matriz contínua e homogênea, podendo ser utilizado também, solventes e aditivos, para assim se tornarem resistentes à tração, flexibilidade e ao contato com a água [15, 16, 17, 18]. Destaca-se ainda que os aditivos naturais incorporados contribuam para uma maior preservação do alimento, pois ajudam na manutenção das características sensoriais e microbiológicas dos alimentos [19, 20, 21, 22].

Como possibilidade de aditivo natural para incorporação nos filmes, aparece a utilização do óleo de coco por possuir propriedades antibacterianas, antivirais e antifúngicas, além de ser um excelente antioxidante e também por ser uma matéria-prima renovável e extensivamente utilizados para propósitos comestíveis e não comestíveis em todo o mundo [23, 24].

O óleo de coco é produzido pela trituração da copra, a polpa seca do coco, que contém cerca de 60 a 65% do óleo. Como ele tem uma longa vida-de-prateleira e um ponto de fusão de 30°C, é usado na indústria de alimentos e de produtos de higiene. Ele é insolúvel em água, em temperaturas acima do seu ponto de fusão é completamente miscível com a maioria dos solventes não hidroxílicos como éter de petróleo, benzeno, tetracloreto de carbono, etc. Em álcool, óleo de coco é mais solúvel que a maioria das gorduras e óleos comuns [25].

O objetivo deste trabalho foi produzir filmes proteicos de soro de leite modificados com óleo de coco através do método de *Casting* e ainda avaliar as propriedades mecânica e óptica, para aplicação como embalagens alimentícias.

2 Materiais e Métodos

2.1 Elaboração dos filmes

Os filmes foram produzidos a partir de isolado proteico de soro de leite (WPI Bipro 95%, Davisco, EUA), que foram elaborados pelo método de *Casting* segundo metodologia descrita por Yoshida e Antunes [5]. Onde o isolado proteico (3,5g) foi homogeneizado em 50 mL de água destilada. Em seguida, adicionou-se o óleo de coco, com concentrações de 1%, 2% e 3% respectivamente e 2 mL do plastificante (*glicerol-Synth*, Brasil).

As soluções filmogênicas foram submetidas a tratamento térmico à 80°C por 30 minutos. As soluções obtidas foram espalhadas em placas de Petri de vidro (9cm de diâmetro), com auxílio de uma seringa hipodérmica de 10 mL e foi acondicionado em estufa com circulação de ar a 40°C durante 18 horas, para secagem. Após a secagem, os filmes foram removidos das placas com o auxílio de uma espátula e armazenados em dessecadores com URE de 53% (solução saturada de nitrato de magnésio), separados por folhas e papel manteiga.

2.2 Caracterização dos filmes

2.2.1 Aspecto Visual

Ao retirar da estufa os filmes foram avaliados quanto ao aspecto visual e tátil com a finalidade de selecionar apenas os filmes homogêneos (sem a presença de partículas insolúveis, bolhas e coloração uniforme), contínuos, sem ruptura ou zonas quebradiças para realização das seguintes análises.

2.2.2 Opacidade do biofilme

A opacidade dos filmes foi determinada pela análise em espectrofotômetro UV-Vis *Ocean Optics*, num intervalo de comprimento de onda de 400 a 800 nm, no qual os filmes foram fixados no orifício de passagem da luz UV-Vis, para se obter a transmitância do filme na região do visível.

2.2.3 Espessura

Segundo metodologia de Oliveira [26], a espessura dos filmes d foi determinada utilizando-se um micrômetro, marca *Mitutoyo*[®] com escala de 0-25mm com precisão de 0,01 mm, e foi calculada como sendo a média aritmética de oito medidas sobre a área do filme.

2.3 Propriedades mecânicas

A determinação da tração na ruptura e porcentagem de elongação foi feita baseando-se no método padronizado ASTM D882 [27]. As amostras foram cortadas (25,4 x 100,0 mm) e então, acondicionadas em câmaras com temperaturas (25°C) e umidade relativa (75%) controladas, em um período de cerca de 48 horas. Posteriormente, mediu-se a tração na ruptura e a porcentagem de elongação utilizando-se um texturômetro TATX2. A tração na ruptura foi calculada dividindo-se a força pela área de seção transversal e a porcentagem de elongação, dividindo-se a distância obtida pela distância inicial do probe (50 mm) e multiplicando-se por 100 [5].

2.4 Análise estatística

A análise estatística dos resultados foi efetuada pelo teste de Turkey com diferença significativa de $p \leq 0,05$, utilizando o *software* Assistat [28, 29].

3 Resultados e Discussões

3.1 Aspecto Visual

Os filmes produzidos, a base de proteína de soro de leite, padrão e modificados com óleo de coco, apresentaram-se flexíveis, homogêneos, com superfícies lisas, sem poros ou fissuras, assim como observado por Azevedo *et al.* [29] e coloração levemente amarelada, como também foi observado no trabalho de Berbari *et al.* [30].

Uma pequena diferença entre os lados dos filmes, por um ser um pouco brilhante e o outro mais opaco é discutida por Ramos *et al.* [31], onde sugere-se que essa diferença na aparência é, provavelmente, decorrente de alguma separação de fases que ocorre na solução durante a secagem. O aspecto visual está relacionado com a cor e transparência final dos filmes proteicos [32].

3.2 Opacidade do biofilme

A opacidade é uma propriedade de grande importância na aplicação dos filmes biodegradáveis como embalagem alimentícia [33] e está associada à capacidade de um material demonstrar maior ou menor transparência. Segundo Cerqueira *et al.* [34] este pode ser um fator importante para a aceitação do consumidor do filme ou do produto revestido.

O grau de opacidade está associado à morfologia não homogênea da matriz filmogênica emulsionada, na qual partículas lipídicas provocam dispersão da luz visível através do filme, causando a opacidade [5]. Desta forma podemos afirmar que quanto maior o valor de opacidade, menor será a quantidade de luz atravessada pelo filme, podendo esta barreira ser importante para controlar a incidência de luz nos produtos alimentares, como já descrito no trabalho de Cerqueira *et al.* [34]. Abaixo podemos observar os resultados de opacidade obtidos no espectrofotômetro.

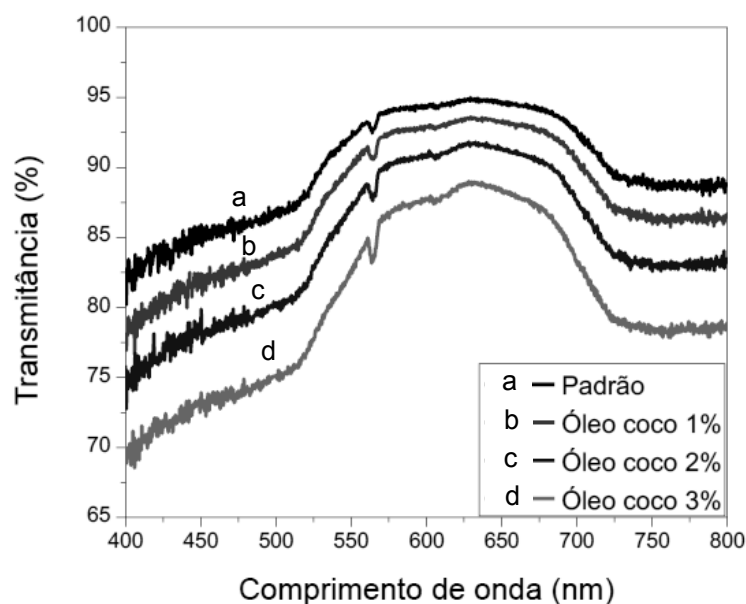


Figura 1. Espectros UV-Vis para determinação de opacidade dos filmes.

Analisando os perfis dos espectros UV-Vis dos filmes (Figura 1) notamos uma variação gradual da opacidade em relação a percentagem de óleo de coco, ou seja, a transmitância é menor quanto maior é a concentração do óleo de coco, todavia esta variação não é identificada a olho nu.

Visando a utilização como embalagens ou cobertura para alimentos, é melhor que os biofilmes possuam maior transparência para que as características do alimento sejam observadas pelo consumidor. Para Yang, Paulson e Matta Junior [35, 36], a transmissão de luz é necessária em embalagens deste tipo, porém devem ser controladas quando os alimentos forem suscetíveis à deterioração pela luz, como por exemplo, oxidação lipídica, destruição de riboflavina e pigmentos naturais. Os biofilmes que possuem maior concentração de óleo de coco obtiveram coloração levemente amarelada com um aumento gradual da opacidade, o que, desta forma, pode ser um empecilho para utilização como embalagens.

3.3 Espessura

Outro critério estudado, que influencia nas propriedades dos biofilmes é a espessura. De acordo com Oliveira [26], a espessura dos filmes está diretamente ligada ao volume de solução filmogênica colocado nas placas e seu controle é importante para repetibilidade das

medidas e validade das comparações entre as propriedades analisadas. Valores de espessura são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Espessura(mm) do filme padrão, e dos filmes modificados com óleo de coco - 1%, 2% e 3%.Onde ^a, ^b e ^{ab} - médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Turkey ($p < 0,05$).

Filmes	Espessura(mm)
Padrão	$1,03^b \pm 0,06$
1% coco	$1,2^{ab} \pm 0,17$
2% coco	$1,5^a \pm 0,10$
3% coco	$1,5^a \pm 0,2$

Observando os resultados referentes à espessura (Tabela 1), somente os filmes modificados com óleo de coco a 2% e 3%, apresentaram diferença significativa em relação ao filme padrão. O aumento da espessura é proporcional ao aumento da concentração de ácidos graxos óleo de coco, como verificamos nos trabalhos realizados por Fakhouri *et al.*; Oliveira *et al.*, [37, 38] e ainda em filmes de amido de mandioca modificados produzidos por Henrique *et al.* [39] e em filmes incorporados do óleo essencial de orégano produzidos por Oliveira *et al.* [26].

Por outro lado, [40, 41, 21] citados por Da Silva [42] atribuem essa variação nas espessuras dos filmes decorrentes do processo *Casting*, onde os biofilmes são secos em suportes, gerando filmes não homogêneos de espessuras diferentes dependendo da massa aplicada, sendo considerado difícil o controle da espessura dos filmes. Esta variação pode ser decorrente a uma pequena inclinação nas grades da estufa interferindo na espessura dos filmes, porém não é o caso neste trabalho, onde foi cuidadosamente observado e verificado o local onde os filmes foram secos, para não ocorrer esta variação, bem como o volume de solução filmogênica controlado com o auxílio de uma seringa hipodérmica.

O controle de espessura dos filmes é importante para avaliar a uniformidade dos materiais, segundo Lamas [43], conhecendo a espessura é possível corroborar com informações sobre resistência mecânica, permeabilidade ao vapor de água e liberação de agentes ativos.

3.4 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas dependem fortemente de formulação (macromolécula, solvente, plastificante, ajuste de pH) e do processo de obtenção. De acordo com Mali *et al.*, Talens e De Campo [44, 45, 3], na formulação, o teor de plastificantes é capaz de alterar as propriedades mecânicas, apresentando-se quebradiços quando produzidos com baixo teor.

De acordo com Pérez-Gago e Krochta [46, 47], durante o aquecimento na elaboração dos filmes, as interações proteína-proteína determinam as características de um filme constituído por proteínas, pois a presença desses grupos estabelecem ligações de hidrogênio e pontes dissulfeto intramoleculares e intermoleculares, além de promoverem interações hidrofóbicas durante a secagem, contribuindo para a formação de filmes com propriedades mecânicas aceitáveis.

Segundo Wolf [48], as propriedades mecânicas estão entre as características mais estudadas dos biofilmes, pois elas afetam diretamente a utilização destes. As principais propriedades são o módulo de Young ou módulo de elasticidade (E, dado em MPa/ %) e a elongação máxima (ϵ , dada em %). Segundo Chiumarelli e Hubinger [49] a primeira indica o quanto

uma amostra estica sem deformação. A segunda diz respeito à rigidez do filme, sendo calculada pelo coeficiente angular da porção linear da curva de tensão-deformação [50]. A seguir, na Tabela 2, são apresentados os valores obtidos experimentalmente para as propriedades mecânicas.

Tabela 2. Módulo de Young (MPa) e alongação (%) do filme padrão e filmes modificados com óleo de coco -1%, 2% e 3%. Onde ^a, ^b e ^{ab} médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Turkey ($p < 0,05$).

Filmes	Módulo de Young(MPa)	Elongação(%)
Padrão	6,81 ^a ± 0,44	9,08 ^a ± 3,91
1% coco	4,06 ^b ± 0,90	9,45 ^a ± 1,70
2% coco	3,98 ^b ± 0,28	11,20 ^a ± 7,71
3% coco	7,09 ^a ± 0,46	9,43 ^a ± 5,94

Maiores valores de alongação indicam maior flexibilidade do filme antes de ser rompido [51] e o módulo de Young é um indicador da rigidez do filme, em que valores mais elevados indicam uma maior rigidez [52]. O filme padrão e o modificado com 3% de óleo de coco apresentaram-se mais rígidos que os modificados com 1% e 2% de óleo.

Os filmes à base de proteínas do soro de leite apresentam pouca tendência para alongar e isto foi observado através dos resultados na Tabela 2. Todos os filmes apresentaram características estatisticamente semelhantes. Segundo Krochta, Mulder-Johnson e Ferreira [47, 53], os filmes possuem propriedades mecânicas moderadas quando apresentam uma tensão no ponto da ruptura entre 10 e 100 MPa e uma deformação no ponto de ruptura entre 10 e 50% , sendo que somente o modificado com óleo a 2% obteve um valor estipulado para propriedade mecânica moderada, e os demais apresentaram características de um filme fraco

Yang, Paulson e Péroval *et al.* [35, 54] contataram que a porcentagem de alongação dos diminui quando os ácidos graxos não são incorporados a matriz proteica. De acordo com Laohakunjit e Santana [55, 56], a maciez e a alongação dos filmes podem ser melhoradas com o aumento das concentrações de glicerol, pois os plastificantes reduzem as forças intermoleculares e aumentam a mobilidade das cadeias dos polímeros. Nos biofilmes desenvolvidos, quando a concentração de óleo de coco foi aumentada, foram obtidos biofilmes com maior espessura, este aumento da porcentagem de óleo afetou o módulo de Young, por não apresentaram uma boa incorporação dos lipídeos na matriz, desta forma, a incorporação dos aditivos à matriz polimérica, altera significativamente as propriedades mecânicas, dependendo da concentração de aditivos nos biofilmes.

Os filmes à base de oligossacarídeos são hidrofílicos e possuem uma barreira eficiente aos óleos e lipídios. No trabalho realizado por Vicentini *et al.* [57] citado por Mota [58], foi observado que seus respectivos filmes apresentaram pequena resistência mecânica, fato este que inviabiliza seu uso e traz um desafio na substituição às embalagens convencionais. Segundo Luvielmo e Lamas [59, 43], os revestimentos comestíveis exigem boas propriedades mecânicas e, dessa maneira a porcentagem de alongação e o módulo de elasticidade dos filmes devem ser estudados.

4 Conclusão

Foi possível obter o biofilme de proteína de soro de leite modificado com óleo de coco, que se trata de uma matéria-prima procedente de fonte renovável e biodegradável, o que é de grande interesse para a indústria de alimentos. Entretanto, o biofilme com 2% de óleo de coco é o biofilme que seria considerado com as melhores características para um biofilme neste trabalho, apresentou propriedades mecânicas de um filme moderado e com maior opacidade comparando com os outros biofilmes elaborados. Portanto o filme biodegradável elaborado não atende as características de uma embalagem, porém, apesar dessas restrições, esse material possui grande potencial de aplicação, as quais precisam ser desenvolvidas e avaliadas, e estudos devem ser realizados visando a melhoria de suas propriedades mecânicas.

Referências

- [1] WAN, E.; GALEMBECK, E.; GALEMBECK, F. Polímeros Sintéticos. *Cadernos temáticos de Química Nova na Escola*, p. 5-8, maio, 2001.
- [2] KUMAR, M.; MOHANTY S.; NAYAK S. K.; PARVAIZ, M. R. Effect of glycidyl methacrylate (GMA) on the thermal, mechanical and morphological property of biodegradable PLA/PBAT blend and its nanocomposites. *Bioresource Technology*, v.101, n.21, 2010.
- [3] DE CAMPO, C. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de resíduos da fabricação de cápsulas nutraceuticas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos. 2014.
- [4] PINHEIRO, A. C.; CERQUEIRA, A. M.; SOUZA, B. W. S.; MARTINS, J. T.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. *Boletim de biotecnologia*, v.85, p.18-28, 2010.
- [5] YOSHIDA, C. M. P.; ANTUNES, A. J. Aplicação de filmes proteicos à base de soro de leite. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.29, n.2, p.420-430, abr./jun. 2009.
- [6] THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science and Technology*, v.14, n.3, p.71-78, 2003.
- [7] PAGNO, C. H.; BALDASSO, C.; TESSARO, I. C.; FLORES, S. H.; JONG, E. V. Obtenção de concentrados proteicos de soro de leite e caracterização de suas propriedades funcionais tecnológicas. *Alimentos e Nutrição*, v.20, n.2, p.231-239, 2009.
- [8] SMITHERS, G. W. Whey and whey proteins from "gutter" to "gold". *International Dairy Journal*, v.18, p.695-704, 2008.
- [9] MCINTOSH, G. H.; LELEU R. K. The influence of dietary proteins on colon cancer risk. *Nutrition Research*, v.21, p.1053-1066, 2001.
- [10] ROSANELI, C. F. Protective effect of bovine milk whey protein concentrate on the ulcerative lesions caused by subcutaneous administration of indomethacin. *Journal of Medical Food*, v.7, p.309-314, 2004.

- [11] HARAGUCHI, F. K.; ABREU W. C.; PAULA H. Protéínas do soro de leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. *Revista de Nutrição*, v.28, n.1, p.479-4888, 2006.
- [12] FITZSIMONS, S. M.; MULVIHILL D. M.; MORRIS E. R. Denaturation and aggregation processes in thermal gelation of whey proteins resolved by differential scanning calorimetry. *Food Hydrocolloids*, v.11, n.4, p.62-69, 2006.
- [13] ALVES, M. P.; MORREIRA, R. O.; RODRIGUES, JUNIOR, P. H.; SILVA G. M.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F. Soro de leite e sua processabilidade. In: IV SIMLEITE - Simpósio Nacional de Bovinocultura Leiteira, 2013, Viçosa. *Anais do IV Simpósio de Bovinocultura Leiteira*, p. 257-278.
- [14] PORTA, R.; MARINIELLO, L.; PIERRO, P. D.; SORRENTINO, A.; GIOSAFATTO, C. V.; Transglutaminase crosslinked pectin and chitosan based edible films: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.51, p.223-238, 2011.
- [15] SALGADO, P. R.; SCHMIDT, V. C.; ORTIZ, S. E. M.; MAURI, A. N.; LAURINDO, J. Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process. *Journal of Food Engineering*, v.85, p.435-443, 2008.
- [16] AHMAD, M.; BENJAKULA, S.; PRODPRANB, T.; AUGUSTINIC, T. W. Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils. *Food Technology*, v.28, p. 189-199, 2012.
- [17] ANDREUCCETTI, C.; CARVALHO, A. R.; GARCÍA, T. G.; BUSTOS, F.M.; GROSSO, C. R. F. Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-based edible films. *Journal of Food Engineering*, v.103, p. 129-136, 2011.
- [18] FAKHOURI, F. M.; FONTESSA, L. C.; INNOCENTINI-MEIB, L. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Effect of fatty acid addition on the properties of biopolymer films based on lipophilic maize starch and gelatin. *Food Technology*, v.6, p.528-536, 2009.
- [19] VEIGA, P. S.; DRUZIAN, J. I. Absorvedores de umidade/antiembaçantes biodegradáveis a base de amido/fécula para serem aplicados em produtos de higiene pessoal, alimentícios ou farmacêuticos. Patente protocolizada no INPI, 2007.
- [20] VEIGA, P. S.; SCAMPARINI, A. R. P. Indicador irreversível de temperatura utilizando carboidratos. Patente protocolizada no INPI, 2005.
- [21] MALI, S.; Produção, caracterização e aplicação de filmes plásticos biodegradáveis a base de amido de cará. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia. 2002.
- [22] MACHADO, B. A. S.; NUNES I. L.; PERREIRA F. V.; DRUZIAN J. I. Processo para preparação de nanobiocompósitos tipo filmes flexíveis reforçados com nanopartículas de celulose tipo *nanowhiskers*. Patente protocolizada no INPI, 2010.
- [23] RAHMAN, H. I. H. A. The chemistry of coconut oil. *Department of Chemistry*, p.9-15, 2014.

- [24] MURTA, B. O. O óleo de coco e suas múltiplas funções. Disponível em <http://giro101.cadaminuto.com.br/noticia/483/2013/09/10/o-leo-de-coco-e-suas-mltiplas-funes>. 2014.
- [25] KRISHNA, G. A. G.; RAJ G.; BHATNAGAR A. S.; KUMAR P. P. K.; CHANDRASHEKAR, P. Coconut Oil: Chemistry, Production and Its Applications - A Review. *Indian Coconut Journal*, p.15-27, 2010.
- [26] OLIVEIRA, S. P. L. F. Avaliação da aplicação de óleo essencial de orégano em filme de proteína de soro de leite. Universidade Norte do Paraná. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Dissertação de Mestrado, 2013.
- [27] Standard Test Methods for tensile properties of thin plastic sheeting. *ASTM Book of Standards*. Philadelphia, 2002.
- [28] SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture, 2009.
- [29] AZEVEDO, V. M.; COSTA, A. L. R.; FUKUSHIMA, K. L.; BORGES, S.V. Propriedades de barreira, mecânicas e ópticas de filmes de concentrado proteico de soro de leite. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v.69, n.4, p.237-247, jul./ago. 2014.
- [30] BERBARI, S. A. G.; PRATI, P.; FREITAS, D. D. G. C.; VICENTE, E.; ORMENESE, R. C. S. C.; FAKHOURI, F. M. Utilização de coberturas comestíveis para redução de absorção de gordura em produtos estruturados pré-fritos congelados de mandioca. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v.14, n.3, p.172-180, jul./set. 2011.
- [31] RAMOS, O. L.; FERNANDES, J. C.; SILVA, S. I.; PINTADO, M. E.; MALCATA, F. X. Edible films and coatings from whey proteins: a review on formulation , mechanical and bioactive porperties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.52, n.6, p.533-552, 2012.
- [32] SOARES, D. S. B.; SOUZA, A. R. M.; TAKEUCHI, K. P.; MOURA, C. J.; SILVA, M. R. Caracterização de biofilmes de proteína do soro de leite, 2011.
- [33] PELISSARI, F. M.; YAMASHITA, F.; GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E.; GROSSMANN, M. V. E. Constrained mixture design applied to the development of cassava starch-chitosan blown films. *Journal of Food Engineering*, v.108, p.262-267, 2012.
- [34] CERQUEIRA, M. A.; SOUSA-GALLANGHER, M. A.; MACEDO, I.; RODRIGUEZ-AGUILERA, R.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of "regional" cheese. *Journal of Food Engineering*, v.97, n.1, p.87-94, 2010.
- [35] YANG, L.; PAULSON, A. T. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gallan film. *Food Research International*, v.33, n.1, p.571-578, 2000.
- [36] MATTA JUNIOR, M. D. Caracterização de biofilmes obtidos a partir de amido de ervilha (*Pisum sativum*) associado à goma xantana e glicerol. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2009.

- [37] FAKHOURI, F. M.; BATISTA J. A.; GROSSO C. R. F. Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis de gelatina, triacetina e ácidos graxos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.6, n.2, p.301-308, jul./dez. 2003.
- [38] OLIVEIRA, T. A.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; NOBRE, D. M.; SANTOS, F. K. G. D. Biofilmes de gelatina: efeito da adição de surfactante e ácidos graxos de óleos de coco na permeabilidade ao vapor de água. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, maio/nov 2012.
- [39] HENRIQUE, C. M.; CEREDA M. P.; SARMENTO S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, n.1, p.231-240, jan/mar 2008.
- [40] MONTERREY-QUINTERO, E. S. Caracterização físico-química de proteínas miofibrilares e elaboração de biofilmes. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. 1998.
- [41] SOBRAL, P. J. A. Proteínas de origem animal na tecnologia de biofilmes. Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Tese de Livre Docência. 2000.
- [42] DA SILVA, E.M. Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. 2011
- [43] LAMAS, M. L. Filme de proteína de soro de leite incorporado com argila montmorilonita e natamicina para conservação de queijo muçarela fatiado. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 2015.
- [44] MALI, S.; KARAM L. B.; RAMOS L. P.; GROSSMANN, M. V. E. Relationship among the composition and physicochemical properties of starches with the characteristics of their films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.52, n.25, p.7720-7725, 2004.
- [45] TALENS, P.; KROCHTA, J. M. Plasticizing effects of beeswax and carnauba wax on tensile and water vapor permeability properties of whey protein films. *Journal of Food Science*, v.70, p.239-243, 2005.
- [46] PÉREZ-GAGO, M. B.; KROCHTA, J. M. Denaturation time and temperature effects on solubility, tensile properties and oxygen permeability of whey protein edible films. *Journal of Food Engineering*, v.66, n.5, p.705-710, 2001.
- [47] KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. D. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities . *Food Technology*, v.51, n.2, p.61-64, 1997.
- [48] WOLF, K. L. Propriedades físico-químicas e mecânicas de biofilmes elaborados a partir de fibra e pó de colágeno. Tese de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. 2007.
- [49] CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch - Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids*, v.28, p.59-67, 2012.

- [50] MORAES, J. O. Produção e caracterização de filmes de amido-glicerol-fibras de celulose elaborados por *tape-casting*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico 2013.
- [51] LOREVICE, M. V.; MOURA M. R.; MATTOSO L. H. C. Nanocompósito de polpa de mamão e nanopartículas de quitosana para aplicação em embalagens. *Química Nova*, v.37, 2014.
- [52] BIDUSKI, B.; TAVARES, F. S.; MADRUGA, K.; HALAL, S. L. M.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G. efeito da oxidação em amido de sorgo nas propriedades de filmes biodegradáveis. In: Simpósio de Segurança Alimentar/Alimentação e Saúde. Bento Gonçalves, RS, 2015.
- [53] FERREIRA, C. O. Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de proteínas do soro de leite - potencial funcionalização com quitosanos. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. 2008.
- [54] PÉROVAL, C.; DEBEAUFORT, F.; DESPRÉ, D.; VOILLEY, A. Edible arabinoxylan based films. Effects of lipid type on water vapor permeability, film structure and other physical characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.50, n.2-5, p.3977-3983, 2002.
- [55] LAOHAKUNJIT, N.; NOOMHORM, A. Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. *Starch/Stärke*, v.56, p.348-356, 2004.
- [56] SANTANA, R. F. Desenvolvimento e caracterização de biopolímeros a base de amido da semente de jaca plastificados com glicerol ou sorbitol. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 2013.
- [57] VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P.; HENRIQUE, C. M.; OLIVEIRA, M. Á.; FERRAZ, M. V. Characterization of edible films of cassava starch by electron microscopy. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.3, p.91-95, 2000.
- [58] MOTA, R. D. P. Produção e caracterização de filmes biodegradáveis através de blenda polimérica de amido de lírio do brejo (*Hedychium coronarium*) e de amido de fruto-do-lobo (*Solanum lycocarpum* st.). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Goiás. 2009.
- [59] LUVIELMO, M. M.; LAMAS S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, v.8, n.1, p.8-15, jan/jun 2012.